

- ☑ **Чумак А. О.**, кандидат технічних наук, Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України
- ☑ **Коваленко Я. П.**, аспірантка, Державний університет «Житомирська політехніка» МОН України

# Технологічне забезпечення лезової обробки виробів ІЗ ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ СТАЛЕЙ

Важливою сучасною тенденцією розвитку технологій лезової обробки виробів зі сплавів високої твердості є високошвидкісна обробка інструментами з надтвердих композитів на швидкостях різання більше 200 м/хв. Однак зі збільшенням швидкості обробки має місце суттєва інтенсифікація зношування різального інструменту, обумовлена складним механо-хімічним механізмом контактної взаємодії в зоні різання. До матеріалу різального інструменту висуваються високі вимоги з механічних і хімічних властивостей.

Полікристалічний кубічний нітрид бору (ПКНБ) є одним із найперспективніших матеріалів інструментального призначення. Його властивості забезпечують надійну й економічну роботу інструменту в умовах високих навантажень, температури, швидкостей різання, інтенсивної хімічної взаємодії з оброблюваним матеріалом. Також інструмент, оснащений таким композитом, дозволяє отримати вироби з високими геометричною точністю та якістю оброблених поверхонь.

Відповідно до ISO 513:2014 виготовляються та використовуються ПКНБ двох груп: з високим вмістом (ВН) — 90–95 об.% cBN і низьким (ВЛ) — 40–65 об.% cBN. Відмінність в хімічному складі та фізико-механічних властивостях композитів обумовлює особливості їх ефективного використання. Композити групи ВЛ використовуються в різальному інструменті при обробці важкооброблюваних матеріалів на швидкостях різання 200–300 м/хв, що суттєво вище, ніж при використанні інструментів з композитами групи ВН. Водночас основною галуззю використання таких інструментів є фінішна безударна обробка.

Можливість підвищення працездатності інструментів із ПКНБ груп ВН і ВЛ залежно від умов експлуатації пов'язана з розробкою окремих підходів до формування робочих поверхонь інструментів, що дозволить суттєво підвищити їх стійкість під час високопродук-

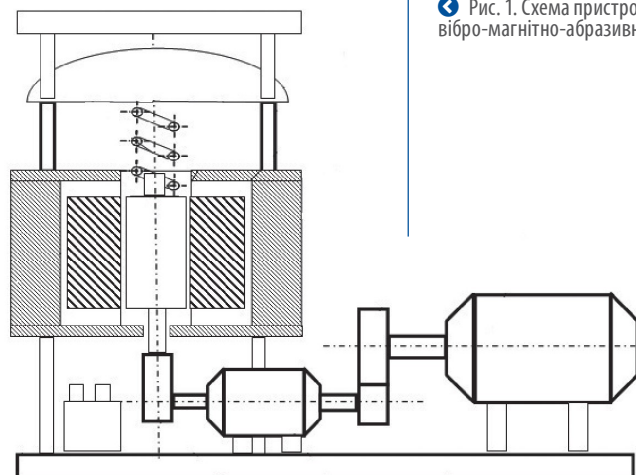
тивної обробки, у тому числі в умовах ударних навантажень.

Одним із основних механізмів зношування інструментів із ПКНБ при обробці матеріалів на основі Fe та Ni є хімічна взаємодія між інструментальним і оброблюваним матеріалами та киснем навколишнього середовища. Фактором, що обмежує швидкість різання такими інструментами, є формування та плавлення на контактних поверхнях продуктів взаємодії.

При виготовленні робочих елементів із ПКНБ, яке виконується з використанням порошків алмазу, на оброблених поверхнях

мають місце шліфувальні риси, які є осередками зародження ділянок подальшого зношування інструменту в процесі експлуатації, що вимагає проведення додаткової фінішної обробки таких робочих поверхонь. Крім того, при використанні інструментів в умовах динамічних навантажень необхідною умовою підвищення стійкості є формування округлої ділянки на різальній кромці.

Для додаткового фінішного формоутворення різальних пластин із ПКНБ групи ВЛ розроблено спеціальний пристрій вібро-магнітно-абразивної обробки (ВіМАО) (рис. 1), принцип роботи якого пов'язаний з вико-



☑ Рис. 1. Схема пристрою для вібро-магнітно-абразивної обробки

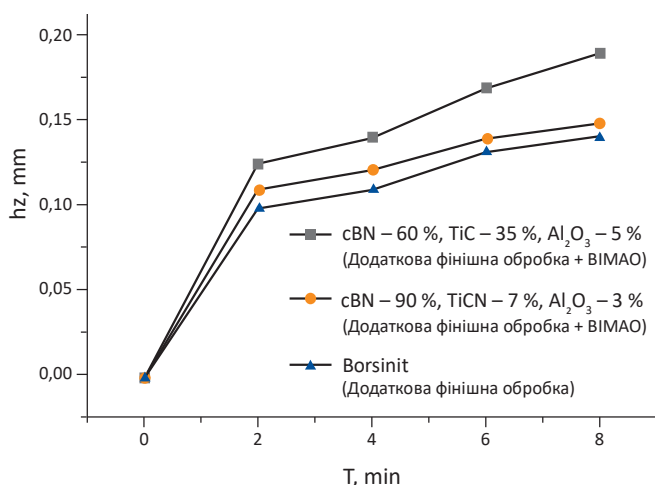


Рис. 2. Кінетика зношування інструментів при високошвидкісній обробці загартованої сталі ХВГ (58 HRC) з ударом ( $v = 210$  м/хв,  $t = 0,4$  мм,  $S = 0,1$  мм)

ристанням магнітного поля в ролі зв'язки абразивного середовища, побудованого з пружних абразивних стовпчиків, і механічним зняттям з оброблюваних поверхонь виробу та їх згладжуванням при переміщенні крізь абразивне середовище за рахунок вібраційної дії. Найбільш інтенсивно процес ViMAO впливає на робочу кромку різальних пластин, що дозволяє формувати потрібний радіус округлення.

Особливості руйнування різальної кромки інструменту із ПКНБ групи VH пов'язані зі швидкістю різання — при обробці з низькою швидкістю різання (120 м/хв) спостерігається нерівномірне її мікроруйнування, яке при збільшенні швидкості різання (210 м/хв) приймає більш рівномірний, але водночас більш інтенсивний характер. Руйнування різальної кромки інструментів із ПКНБ групи VL на швидкостях різання  $v = 120\text{--}210$  м/хв відбувається шляхом об'ємного макровикришування по задній та сколювання по передній поверхні інструменту. Причина цього полягає в піковому зростанні напружень у різальному клині інструменту в момент врізання.

Моделювання переривчастої обробки сталі ШХ15 методом KE при

$$v = 120 \text{ м/хв}, t = 0,4 \text{ мм}, \\ S = 0,1 \text{ мм/об}$$

показало, що в момент врізання різальної кромки в оброблювану поверхню відбувається пікове зростання головних напружень до  $-3,5$  ГПа, що перевищує середній рівень стискаючих напружень при різанні в 1,2 разу.

Додаткова фінішна обробка методом ViMAO дозволяє зменшити ймовірність руйнування інструментів із ПКНБ групи VL за рахунок формування якісної округленої різальної кромки — для випадку обробки інструментом з радіусом округлення різальної кромки 30 мкм розрахунок методом KE ймовірності руйнування показує її зменшення у два рази порівняно з інструментом після стандартної фінішної обробки.

Для інструментів із ПКНБ групи VL, після додаткової фінішної обробки та інструментів групи VH у стандартному виконанні, проведено дослідження кінетики зносу при обробці загартованої сталі ХВГ. Встановлено, що в діапазоні швидкостей різання до  $v = 210$  м/хв модифіковані інструменти із ПКНБ групи VL порівняно із інструментами групи VH характеризуються стабільною роботою при фінішній безударній обробці та при обробці, яка супроводжується динамічним навантаженням (рис. 2).

Виконаний комплекс досліджень дозволив узагальнити дані, що характеризують умови, за яких спостерігається руйнування інструменту, та запропонувати діаграму діапазонів режимів різання в координатах «швидкість різання — глибина різання», яка визначає можливість ефективного застосування інструментів із ПКНБ груп VH і VL (рис. 3).

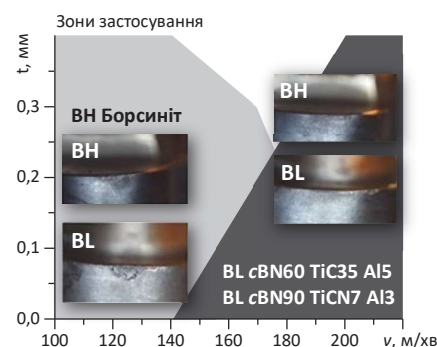


Рис. 3. Діаграма умов ефективного використання полікристалів груп VH і VL при обробці загартованої сталі ХВГ

Отримані результати досліджень дозволяють поширити можливість використання різальних пластин із ПКНБ груп VH і VL у торцевих різцях і торцевих фрезах.

Таким чином, ефективна обробка виробів зі сталей і сплавів високої твердості інструментами із ПКНБ різних груп пов'язана із обґрунтованим обранням композиту, відповідно до умов експлуатаційного навантаження, а також із визначенням і використанням додаткових технологічних підходів, які забезпечують можливість керування станом робочих поверхонь інструменту та створення потрібного радіуса округлення його різальних кромок.

## У результаті виконання комплексу досліджень встановлено:

- інструменти, оснащені ПКНБ групи VL, дозволяють ефективно проводити чистове точіння сталей і сплавів високої твердості при високих швидкостях різання, при цьому інтенсивність зношування інструментів у 1,5–2,0 рази нижче порівняно із інструментами, оснащеними ПКНБ з високим вмістом cBN (95–97%), що обумовлено зміною фізико-механічних властивостей матеріалу інструменту та відповідною зміною в механізмах зношування;

- ViMAO чинить вплив на радіус округлення різальних кромок композитів із ПКНБ групи VL, забезпечує правильну геометричну форму по всій довжині різальної кромки з плавним сполученням як з передньою, так і задньою поверхнями; отримано залежність радіуса округлення різальної кромки від часу обробки, що дає можливість формувати радіус округлення різальної кромки для конкретних умов застосування інструменту;

- встановлено сфери ефективного використання інструментів із ПКНБ груп VH і VL при обробці сталей і сплавів високої твердості з урахуванням можливостей використаної додаткової обробки робочих елементів.

